

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2750331号

(45) 発行日 平成10年(1998) 5月13日

(24) 登録日 平成10年(1998) 2月27日

(51) Int.Cl.⁶

C 3 0 B 25/18

29/40

// H 0 1 L 21/205

識別記号

5 0 2

F I

C 3 0 B 25/18

29/40

H 0 1 L 21/205

5 0 2 F

請求項の数 2 (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平4-131811

(22) 出願日 平成4年(1992) 4月23日

(65) 公開番号 特開平5-301795

(43) 公開日 平成5年(1993) 11月16日

審査請求日 平成7年(1995) 4月7日

(73) 特許権者 000231109

株式会社ジャパンエナジー

東京都港区虎ノ門二丁目10番1号

(72) 発明者 中村 正志

埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 日

本航業株式会社内

(72) 発明者 桂 滋男

埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 日

本航業株式会社内

(72) 発明者 平野 立一

埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 日

本航業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 荒船 博司

審査官 徳永 英男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エピタキシャル成長用基板およびエピタキシャル成長方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 化合物半導体単結晶ウェーハの表面の

(100) 方向からの傾きを θ (°)、またエピタキシ

$$0.011\sqrt{V^3 + 6.21 \times 10^{20}} / \sqrt{T^{1.5}} \leq \theta < 0.10$$

$$\text{ただし、} 0.1 \leq V \leq 10 \text{ (}\mu\text{m/Hr)}, 853 \leq T \leq 1023 \text{ (K)}$$

なる条件を満たすことを特徴とするエピタキシャル成長用基板。

【請求項2】 半導体単結晶基板上に気相成長法により

エピタキシャル層を成長させるに際し、エピタキシャル※

$$0.011\sqrt{V^3 + 6.21 \times 10^{20}} / \sqrt{T^{1.5}} \leq \theta < 0.10$$

$$\text{ただし、} 0.1 \leq V \leq 10 \text{ (}\mu\text{m/Hr)}, 853 \leq T \leq 1023 \text{ (K)}$$

である基板を用いることを特徴とするエピタキシャル成長方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

2
キシャル成長させるときの成長速度をV、成長温度をTとしたときに、ウェーハ表面の有効利用領域全域に亘って、

※成長させるときの成長速度をV、成長温度をTとしたときに、表面の有効利用領域の(100)方向からの傾き θ (°) が、

【産業上の利用分野】 本発明は、ウェーハ上へのエピタキシャル成長技術に関し、特に化合物半導体単結晶ウェーハ上にMOCVD (有機金属気相エピタキシャル成長法) によりエピタキシャル層を形成する場合に利用して

効果的な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、MOCVD法によって化合物半導体単結晶ウェーハ上にエピタキシャル層を成長させた場合、一定の方向に向けた微小な楕円状の凹凸がウェーハ上に点在した表面欠陥（以下、涙状欠陥と称する）が生じるという欠点があった。上記欠点を解決するため、本出願人は先にMOCVD法によるエピタキシャル成長法用基板として、面方位を〈100〉方向から角度で0、1〜0、5°傾けたウェーハを用い、かつ基板温度を600℃以上700℃以下の条件でエピタキシャル成長させるという方法の発明を出願した（特開平2-239188号）。

【0003】面方位を0、1〜0、5°傾けたウェーハを用いてエピタキシャル成長させるという上記先願発明方法にあっては、上述した涙状欠陥を著しく低減させることができるという利点を有している。しかしながら、本発明者等のその後の研究により、上記先願発明は涙状欠陥の低減には有効であるものの、面方位がある程度大きくなるとウェーハ表面にしわ状の欠陥が生じるという問題があることを見出した。また、上記先願発明における最小側の条件（0、1°）以下の傾きを持つウェーハを用いてエピタキシャル層の成長を行なった場合にも、*

*涙状欠陥の出ないものがあることを見出した。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】この発明は上記のような背景の下になされたもので、その目的とするところは、ウェーハ表面にエピタキシャル層を気相成長させる場合において、成長膜の表面に生じる涙状欠陥を大幅に低減するとともに、成長膜表面の平滑性を向上させることができるようなエピタキシャル成長方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、従来の気相成長法においてウェーハの表面にしわ状欠陥が現われたり現われなかったりする原因および局部的に涙状欠陥が現われる原因を究明すべく、表面の面方位を〈100〉方向から0、3°以内で種々の角度に傾けたInPウェーハを用いて、エピタキシャル成長させる実験を繰り返した。そして、ウェーハ表面の面方位の面内バラツキをも考慮して、ウェーハ間および表面各部の面方位と涙状欠陥との関係を調べた。その結果、成長速度Vと成長温度Tをパラメータとしたときの涙状欠陥の現われるウェーハ表面の面方位の臨界の傾きは表1のことを見出した。

【表1】

成長速度 ($\mu\text{m}/\text{Hr}$)	0.3	1.0	2.0
成長温度			
600℃	0.055°	0.065°	0.085°
625℃	0.045°	0.055°	0.075°
700℃	0.025°	0.035°	0.055°

【0006】そこで本発明者等は、上記実験結果から、成長用基板の面方位の傾き θ （°）と、成長速度V（ $\mu\text{m}/\text{Hr}$ ）と、成長温度T（K）との関係を調べた。その結果、次の実験式を得た。

$$\theta = 0.011\sqrt{V^3 + 6.21 \times 10^{20}}/\sqrt{T^{15}} \\ \text{ただし、} 0.1 \leq V \leq 10 \text{ (}\mu\text{m}/\text{Hr}), 853 \leq T \leq 1023 \text{ (K)}$$

また、ウェーハ表面の面方位が〈100〉方向から0、※

$$0.011\sqrt{V^3 + 6.21 \times 10^{20}}/\sqrt{T^{15}} \leq \theta < 0.10 \dots \dots (1)$$

である基板を用いることを提案するものである。ただし、 $0.1 \leq V \leq 10$ （ $\mu\text{m}/\text{Hr}$ ）、 $853 \leq T \leq 1023$ （K）、好ましくは $0.5 \leq V \leq 1.5$ （ $\mu\text{m}/\text{Hr}$ ）、 $873 \leq T \leq 973$ （K）とする。なお、ここで基板表面の有効利用領域とは、デバイスとして利用されない鏡面加工の際に基板周縁に生じる縁だれ部分（外周から約5mm内側まで）を除いた中央部分を指す。

※20°以上傾くと、表面にしわ状欠陥が出現し表面モロロジーが劣化することを見出した。

【0007】この発明は、上記知見に基づいてなされたもので、半導体単結晶基板上に気相成長法によりエピタキシャル層を成長させるに際し、エピタキシャル成長させるときの成長速度をV、成長温度をTとしたときに、表面の有効利用領域の〈100〉方向からの傾き θ （°）が、

【0008】

【作用】前述した先願発明においては、ウェーハの一部（例えば中央部）での傾きをもってウェーハ全体の傾きとみなしていたためそれ以外の部位での傾きが小さいと局部的に涙状欠陥が出現することがあり、エピタキシャル層の成長周縁の面方位を0、1°〜0、5°傾けることを条件としていた。そのため、本発明における条件のう

5

ち最小側の条件 ($\ln P$ の場合、成長温度 650°C で 0.055° 以上) を満たしているので、湿状欠陥を低減させることができていたが、本発明によればウェーハの表面の有効利用領域全域に亘って (100) 方向からの角度が、上記不等式 (1) の左項 $(0.011\sqrt{V^3 + 6.21 \times 10^{20}}/\sqrt{T^{15}})$ で決定される角度 θ ($^\circ$) 以上傾くように加工されたエピタキシャル成長用基板を用いているので、より低い条件であっても成長膜の表面に生じる湿状欠陥を大幅に低減することができる。これとともに、本発明によれば最大側の条件を 0.10° 以下としたので成長膜の表面にしわ状欠陥が現われるのを防止し、これによって成長膜の表面平滑性を向上させることができる。

【0009】なお、成長速度 V ($\mu\text{m}/\text{Hr}$) と、成長温度 T (K) を、それぞれ $0.1 \leq V \leq 10$ ($\mu\text{m}/\text{Hr}$)、 $853 \leq T \leq 1023$ (K) の範囲としたのは、成長速度 V が $0.1 \mu\text{m}/\text{Hr}$ 未満であると、成長時間が長くなりすば原料消費量も多くなるためコストが高み量産性に劣るためである。また、成長速度 V が $10 \mu\text{m}/\text{Hr}$ を超えると、湿状欠陥以外の表面欠陥 (突起等) が増加して表面モロロジーが劣化するためである。さらに、成長温度 T が 853 K 未満である場合も湿状欠陥以外の表面欠陥 (突起等) が増加して表面モロロジーが劣化する。また、成長温度 T が 1023 K を超えると、基板の弾性元素 (リン) が抜けて基板表面が荒れてしまうためである。

【0010】

【実施例】以下、本発明を、 InP 基板上に MOCVD 法により InP 単結晶膜をエピタキシャル成長させる場合を例にとって説明する。まず、 InP 基板の表面を通常の方法により鏡面加工し、 (100) 方向から種々の傾き (オフアングル) を有する基板を準備した。次に、各 InP 基板の表面に、 MOCVD 法により種々の成長条件で InP エピタキシャル層を $3 \mu\text{m}$ の厚みに成長させた。それから、ウェーハ表面の湿状欠陥の現われている部分と現われていない部分との境界近傍のオフアングルを測定した。

【0011】なお、この MOCVD 法によるエピタキシャル成長では III 族原料としてトリメチルインジウムを用い、これを $1.2 \times 10^{-4} \text{ mol}/\text{分}$ の流量で流すとともに、 V 族原料にはホスフィン (PH_3) を用い、これを $2.1 \times 10^{-2} \text{ mol}/\text{分}$ の流量で流し、成長室内圧力 76 Torr の条件で減圧成長を行なった。このとき、エピタキシャル層の成長速度は $1 \mu\text{m}/\text{時間}$ で、成長温度は 625°C であった。

$$0.011\sqrt{V^3 + 6.21 \times 10^{20}}/\sqrt{T^{15}} \leq \theta < 0.10$$

$$\text{ただし、} 0.1 \leq V \leq 10 (\mu\text{m}/\text{Hr}), 853 \leq T \leq 1023 (\text{K})$$

である基板を用いるようにしたので、成長膜の表面に生じる湿状欠陥を大幅に低減することができる。また、しわ状欠陥の発生を防止し、成長膜表面の平滑性を向上

6

* 【0012】上記のようにして気相成長させた InP 基板の表面を微分干渉顕微鏡で観察して、表面欠陥 (湿状欠陥) の密度を測定した結果を図1に示す。図1は表面欠陥密度を縦軸に、また基板表面の面方位の傾き (オフアングル) を横軸にとって示してある。ただし、図1には面方位の面内バラツキが $\pm 0.005^\circ$ 以内であったもののみを示してある。図1より、オフアングルが 0.055° 以内の基板の表面に形成されたエピタキシャル成長層の湿状欠陥密度は $5 \times 10^3 \sim 4 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$ であるが、 $0.055^\circ \sim 0.20^\circ$ のオフアングルが0.20°では、湿状欠陥は発生していないことが分かる。また、成長速度 V と成長温度 T をパラメータとしたときの湿状欠陥の現われるウェーハ表面の面方位の臨界のオフアングルは表1のごとくであった。

【0013】さらに、上記実施例により得られたエピタキシャル層について顕微鏡観察を行なったところ、ウェーハ表面の面方位が (100) 方向から 0.20° を超えて傾いていた基板では、表面にしわ状欠陥が出現し表面モロロジーが劣化していたが、オフアングルが 0.08° 以内の基板では、しわ状欠陥が出現せず、表面モロロジーが良好であることを確認した。一方、面方位の面内バラツキが $\pm 0.005^\circ$ 以上の基板を用いたエピタキシャル成長では、オフアングルが小さい部位で成長膜表面に局部的に湿状欠陥が出現していた。

【0014】なお、表1には成長温度をそれぞれ 600°C 、 650°C 、 700°C 、また成長速度を $0.3 \mu\text{m}/\text{Hr}$ 、 $1.0 \mu\text{m}/\text{Hr}$ 、 $2.0 \mu\text{m}/\text{Hr}$ としてエピタキシャル成長させたときの結果を示したが、成長条件はこれに限定されず、成長温度 T は $853 \leq T \leq 1023$ (K) 好ましくは $873 \leq T \leq 973$ (K) の範囲、成長速度 V は $0.1 \leq V \leq 10$ ($\mu\text{m}/\text{Hr}$) 好ましくは $0.5 \leq V \leq 1.5$ ($\mu\text{m}/\text{Hr}$) の範囲でよい。また、上記実施例では InP 基板上に InP 層をエピタキシャル成長させる場合を例にとって説明したが、この発明は InP 基板のみでなく、 GaAs 等他の化合物半導体基板におけるエピタキシャル層の気相成長に適用できる。さらに、エピタキシャル層の成長方法は MOCVD 法に限定されず、クロライド CVD 、ハイドライド CVD その他の気相成長方法にも適用することができる。

【0015】

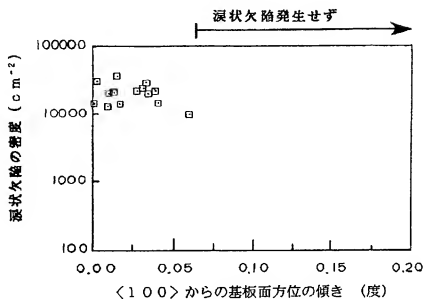
【発明の効果】以上説明したように、この発明は、半導体単結晶基板上に気相成長法によりエピタキシャル層を成長させるに際し、エピタキシャル成長させるときの成長速度を V 、成長温度を T としたときに、表面の有効利用領域の (100) 方向からの傾き θ ($^\circ$) が、

させることができるという効果がある。
【図面の簡単な説明】
【図1】本発明を適用して作成した InP 基板の面方位

の傾きとエピタキシャル成長層の表面の涙状欠陥密度と

の関係を示す図である。

【図1】



フロントページの続き

(72) 発明者 牧野 修仁
埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 日
本鉱業株式会社内

(72) 発明者 池田 英治
埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 日
本鉱業株式会社内